



La présente invention est relative à un procédé et installation de séparation d'air par distillation cryogénique.

En particulier, elle concerne une installation ayant deux modes d'opération.

5 Les appareils de séparation d'air dans lequel un débit liquide pressurisé provenant d'une colonne est vaporisé pour former un débit gazeux haute pression comprennent généralement un surpresseur qui sert à pressuriser une fraction de l'air.

Des exemples de ce genre d'appareils se trouvent dans EP-A-0504029,  
10 EP-A-0576314 et EP-A-0611218.

Lorsque le surpresseur d'air ne fonctionne pas et/ou le débit gazeux haute pression n'est pas requis, ces appareils de séparation d'air ne peuvent fonctionner.

Un but de la présente invention est de permettre le fonctionnement  
15 continu de ces appareils afin de produire au moins un des leurs produits, même si le surpresseur d'air ne fonctionne pas ou le débit gazeux haute pression n'est pas requis, en opérant l'appareil avec une marche dégradé.

Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de séparation d'air dans un appareil comprenant au moins deux colonnes, dont une colonne haute  
20 pression et une colonne basse pression, dans lequel sous une première marche, on envoie au moins une partie de l'air à la colonne haute pression, constituant notamment entre 50 et 90% de l'air, on surpresse au moins une partie de l'air, constituant notamment entre 10 et 50% de l'air, dans un surpresseur, l'air surpressé est divisé en au moins deux fractions, une première  
25 fraction d'air surpressé échange de la chaleur avec au moins un débit liquide provenant d'une colonne de l'appareil et une deuxième fraction d'air surpressé est détendu dans une turbine d'une première pression à une deuxième pression et la fraction détendue dans la turbine est envoyée au moins en partie à la colonne haute pression, le débit liquide provenant d'une colonne de l'appareil  
30 se vaporise par échange de chaleur avec la première fraction pour former un premier débit gazeux enrichi en oxygène et/ou en azote et/ou en argon comme produit final

caractérisé en ce que sous une deuxième marche, la turbine est alimentée par un débit d'air à une pression plus basse que la première pression

et produit de l'air à une pression plus basse que la deuxième pression et tout ou une partie de l'air détendu dans la turbine est envoyé à une ou des colonnes opérant à une pression plus basse que la colonne haute pression et/ ou à l'atmosphère.

- 5            Sous la deuxième marche, la turbine est de préférence alimentée principalement par un débit d'air à une pression plus basse que la première pression.

Une partie (ou le reste) de l'air peut être envoyée à la colonne basse pression pendant la première marche.

- 10           Sous la deuxième marche, la plupart de l'air détendu dans la turbine est envoyé à une ou des colonnes opérant à une pression plus basse que la colonne haute pression et/ ou à l'atmosphère.

- Sous la deuxième marche, moins d'air est envoyé à la colonne haute pression que sous la première marche. De préférence la quantité d'air envoyée  
15 à la colonne haute pression est réduite de 10 à 50% pendant la deuxième marche par rapport à la quantité envoyée pendant la première marche.

Selon d'autres aspects facultatifs,

- l'échange de chaleur entre la première fraction d'air et le liquide provenant d'une colonne de l'appareil est indirect ;
- 20           - l'échange de chaleur entre la première fraction d'air et le liquide provenant d'une colonne de l'appareil est direct, le liquide est enrichi en oxygène et l'échange de chaleur s'effectue dans une colonne de mélange ;
- dans la deuxième marche la deuxième partie de l'air n'est pas envoyé à un surpresseur couplé à un moteur mais à un surpresseur, lié éventuellement  
25 à la turbine, qui porte l'air à une pression inférieure à la première pression de la première marche. Dans ce cas, le surpresseur couplé au moteur peut ne pas fonctionner ;
- sous la première marche un débit gazeux, ayant le même composant principal qu'un des (que le) débit(s) liquide(s) qui se vaporise(nt) par échange  
30 de chaleur, est soutiré de l'appareil sous la deuxième marche, ce même débit liquide réduit ou n'est plus soutiré de l'appareil et le débit gazeux correspondant augmente ;
- pendant la première marche, un débit liquide enrichi en oxygène est soutiré de la colonne basse pression et se vaporise par échange de chaleur,

éventuellement un débit gazeux enrichi en oxygène est soutiré de la colonne basse pression et se réchauffe dans une ligne d'échange où se refroidit l'air destiné à l'appareil et un débit gazeux enrichi en azote est soutiré de la colonne basse pression et se réchauffe dans la ligne d'échange et pendant la deuxième

5 marche, le débit liquide est réduit, éventuellement à néant, l'éventuel débit gazeux enrichi en oxygène augmente et le débit gazeux enrichi en azote continue à être soutiré de la colonne basse pression et se réchauffe dans la ligne d'échange ;

- pendant la première marche, un débit liquide enrichi en azote est

10 soutiré de la colonne basse pression ou haute pression et se vaporise par échange de chaleur, un débit gazeux enrichi en oxygène est éventuellement soutiré de la colonne basse pression et se réchauffe dans une ligne d'échange où se refroidit l'air destiné à l'appareil et un débit gazeux enrichi en azote est soutiré de la colonne basse pression ou la colonne haute pression et se

15 réchauffe dans la ligne d'échange et pendant la deuxième marche, le débit liquide est réduit, éventuellement à néant, le débit gazeux enrichi en azote augmente et débit gazeux enrichi en oxygène est soutiré de la colonne basse pression dans le cas où il n'existerait pas pendant la première marche ou est augmenté dans le cas où il existerait pendant la première marche, et se

20 réchauffe dans la ligne d'échange ;

- l'appareil comprend éventuellement une colonne opérant à une pression intermédiaire entre les haute et basse pressions et/ ou une colonne argon.

Selon un autre aspect de l'invention, il est prévu une installation de

25 séparation d'air par distillation cryogénique comprenant

- i) au moins une double colonne comprenant une colonne haute pression et une colonne basse pression
- ii) une ligne d'échange
- iii) une turbine de détente
- 30 iv) des moyens pour envoyer de l'air détendu dans la turbine de détente à la colonne haute pression et au moins à une colonne opérant à une pression plus basse et/ou des moyens pour envoyer de l'air détendu dans la turbine de détente à la colonne haute pression et éventuellement à l'atmosphère

- v) des moyens pour soutirer un débit liquide de l'appareil
- vi) des moyens pour vaporiser le débit liquide par échange de chaleur avec un débit d'air

- 5           vii) des moyens pour envoyer de l'air d'un compresseur à un surpresseur, des moyens pour envoyer de l'air du surpresseur jusqu'aux moyens pour vaporiser le débit liquide et des moyens pour envoyer de l'air du surpresseur à la turbine

- caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens pour envoyer de l'air aux moyens pour vaporiser le débit liquide et à la turbine sans passer par le surpresseur.
- 10

L'installation peut comprendre une colonne argon et/ ou une colonne opérant à une pression entre les haute et basse pressions ainsi que des moyens pour alimenter cette (ces) colonne(s) à partir de la double colonne.

Selon d'autres aspects facultatifs

- 15           - les moyens pour vaporiser le débit liquide sont constitués par la ligne d'échange ou un échangeur dédié et des moyens pour y envoyer de l'air provenant du surpresseur et de l'air provenant du compresseur sans passer par le surpresseur ;

- 20           - les moyens pour vaporiser le débit liquide sont constitués par une colonne de mélange et des moyens pour y envoyer de l'air provenant du surpresseur et de l'air provenant du compresseur sans passer par le surpresseur ;

- il y a des moyens pour pressuriser le débit liquide avant sa vaporisation ;

- 25           - des moyens pour envoyer de l'air aux moyens pour vaporiser le débit liquide et à la turbine sans passer par un surpresseur, à part éventuellement celui couplé à la turbine ;

- 30           - soit des moyens pour envoyer de l'air détendu dans la turbine de détente uniquement à la colonne haute pression et à une colonne (des colonnes) opérant à une pression plus basse, soit des moyens pour envoyer de l'air détendu dans la turbine de détente uniquement à la colonne haute pression, à une colonne (des colonnes) opérant à une pression plus basse (des pressions plus basses) et à l'atmosphère.

De préférence, l'appareil comprend deux surpresseurs en série, dont le premier comprime l'air à une pression intermédiaire et le deuxième comprime de l'air depuis la pression intermédiaire jusqu'à la première pression pendant la première marche. Dans la deuxième marche, le premier surpresseur est  
5 supprimé de sorte que l'air arrive au deuxième surpresseur à la pression de sortie du compresseur et la pression à la sortie du deuxième surpresseur est inférieure à la première pression.

Le ou les surpresseurs peuvent être constitués par les étages finaux du compresseur principal qui comprime tout l'air.

10 Un débit enrichi en oxygène contient au moins 80 % mol. d'oxygène, un débit enrichi en azote contient au moins 85 % mol. d'azote et un débit enrichi en argon contient au moins 80 % mol. d'argon.

L'invention sera décrite en plus de détail en se référant à la Figure qui est un dessin schématique d'une installation selon l'invention.

15 L'appareil comprend une double colonne avec une colonne haute pression K1 et une colonne basse pression à minaret K2, reliées thermiquement par un condenseur, et une colonne argon K3 alimentée à partir de la colonne basse pression.

L'appareil opère selon deux modes de fonctionnement. Dans les deux  
20 cas, de l'air est envoyé au moins à la colonne haute pression K1 et des débits (non-illustrés dans l'intérêt de la simplification) enrichis en oxygène et en azote sont envoyés de la colonne haute pression K1 à la colonne basse pression K2, après détente dans des vannes, de manière connue.

Dans un premier mode de fonctionnement, l'air 1 est comprimé dans le  
25 compresseur C1 à environ la pression de la colonne haute pression K1 et ensuite épuré (dans une unité d'épuration non-illustrée entre le compresseur C1 et le bout chaud de l'échangeur E1) et divisé en deux parties. Entre 50 et 80% de l'air est envoyé par la conduite 7 au bout chaud de l'échangeur principal E1 où il se refroidit jusqu'au bout froid.

30 Entre 20 et 50% de l'air est envoyé par la conduite au surpresseur C2. Dans le cas où seul 20% de l'air serait envoyé par la conduite au surpresseur C2, l'appareil ne produit pas de liquide. La vanne 11 sur la conduite 5 est ouverte et la vanne 13 sur la conduite 5A est fermée. L'air surpressé en C2 est envoyé au surpresseur C3 par la conduite 3 et ensuite au bout chaud de

l'échangeur E1 où il se refroidit jusqu'à une température intermédiaire avant d'être divisé en deux. Une première fraction 6 de l'air se liquéfie au moins partiellement par échange de chaleur avec un débit d'oxygène qui se vaporise. Ensuite elle est divisée en deux, détendue dans les vannes 19,21 et envoyée  
5 aux colonnes K1, K2. Le liquide arrive dans la colonne K1 quelques plateaux théoriques au-dessus de l'arrivée de gaz. La deuxième fraction de l'air passe dans la conduite 9 à la turbine D3 couplée au surpresseur C3 et est envoyée en cuve la colonne haute pression après avoir été mélangé avec le débit 7 en aval de la vanne 15, la vanne 15 étant ouverte et la vanne 17 étant fermée.

10 L'air envoyé à la colonne haute pression K1 est séparé par distillation en un débit liquide enrichi en oxygène et plusieurs débits enrichis en azote de manière connue.

Des débits GAN BP et WN2 25,27 enrichis en azote sont envoyés du minaret de la colonne basse pression K2 à l'échangeur E1 où ils se réchauffent  
15 jusqu'à la température ambiante. Le sous-refroidisseur n'est pas représenté pour raison de simplification.

Un débit d'oxygène gazeux 39 est soutiré de la colonne basse pression K2 sous forme gazeuse et se réchauffe dans l'échangeur E1 jusqu'à la température ambiante. Néanmoins, ce débit n'existe pas obligatoirement pour  
20 le premier mode de fonctionnement.

Le procédé peut également produire un débit 43 d'azote gazeux GAN MP soutiré en tête de la colonne moyenne pression K1.

Un débit liquide 35 enrichi en oxygène est soutiré en cuve de la colonne K2. Une partie 36 de ce débit constitue la production d'oxygène liquide et le  
25 reste 37 est pompé à une pression supérieure par la pompe P1 et se vaporise dans l'échangeur E1 pour former un produit gazeux pressurisé riche en oxygène. Alternativement le débit liquide peut être pressurisé par hauteur hydrostatique.

Il est également possible de vaporiser l'oxygène dans un échangeur  
30 dédié contre le débit d'air surpressé ou de le vaporiser par contact direct dans une colonne de mélange alimentée par l'air surpressé.

L'appareil produit également de l'azote liquide 41 de la colonne haute pression K1 et de l'argon liquide 33 de la colonne argon K3.

Quand le surpresseur C2 ne marche pas ou le débit gazeux pressurisé riche en oxygène n'est pas requis, il est possible de faire fonctionner l'appareil selon une deuxième marche, en court-circuitant le surpresseur C2. Dans ce cas, soit le débit d'oxygène liquide qui se vaporise est fortement réduit, soit tout

5 l'oxygène liquide sert de produit liquide 36 et le débit 37 n'est pas envoyé à l'échangeur E1 (ou à l'échangeur dédié ou à la colonne de mélange, le cas échéant).

Selon ce deuxième mode de fonctionnement dite deuxième marche, l'air 1 est comprimé à environ la pression de la colonne haute pression K1 et

10 ensuite épuré et divisé en deux parties. Entre 50 et 90% de l'air est envoyé par la conduite 7 au bout chaud de l'échangeur principal E1 où il se refroidit jusqu'au bout froid.

Entre 10 et 50% de l'air est envoyé par la conduite 3 via la conduite 5A, connectée en parallèle avec la conduite 5, au surpresseur C3 qui le pressurise

15 à une pression supérieure à la pression de la colonne haute pression. La vanne 11 sur la conduite 5 est fermée et la vanne 13 sur la conduite 5A est ouverte. L'air surpressé dans le surpresseur C3 est ensuite envoyé du surpresseur C3 à l'échangeur E1 où il se refroidit jusqu'à une température intermédiaire avant d'être divisé en deux.

20 Une première fraction de l'air se refroidit au moins partiellement par échange de chaleur avec un débit d'oxygène gazeux 39 à la pression de la colonne basse pression 39 et les débits enrichis en azote 25,27. Ensuite elle est divisée en deux, détendue dans les vannes 19,21 et envoyée aux colonnes K1, K2. La deuxième fraction de l'air passe dans la conduite 9 à la turbine D3

25 couplée au surpresseur C3 et est envoyée à la colonne basse pression K2, de sorte que la turbine D3 fonctionne comme turbine d'insufflation. La colonne haute pression est alimentée en air uniquement par les débits 7 et 19, la vanne 15 étant fermée et la vanne 17 étant ouverte.

Le débit d'oxygène gazeux 39 augmente (ou est soutiré, pour les cas

30 du premier mode de fonctionnement dans lequel il n'y a pas d'oxygène gazeux soutiré de la colonne basse pression) pour compenser le fait que le liquide riche en oxygène n'est plus soutiré. Alternativement on peut soutirer plus d'oxygène liquide 36 ou d'azote liquide 41 comme produit final, un produit final étant un



produit qui quitte l'installation de séparation d'air sans changement d'état. La deuxième marche permet également de produire de l'azote basse pression 25.

L'oxygène gazeux 39 peut être mélangé avec l'azote résiduaire 27, par exemple en amont de la ligne d'échange E1.

5 Il est également possible selon le deuxième mode de fonctionnement de réduire la quantité d'air envoyé à la colonne haute pression (par rapport à la quantité d'air envoyé à cette colonne en première marche). La quantité d'air envoyé à la colonne basse pression K2 se retrouve donc augmentée par rapport à la quantité d'air envoyé à cette colonne en première marche.

10 Une autre possibilité consiste à réduire l'envoi d'air à la colonne haute pression et d'envoyer plus d'air à la colonne basse pression et/ou à l'atmosphère (par exemple, en le mélangeant avec le gaz résiduaire 25).

Il est également possible d'appliquer cette invention aux cas dans lesquels l'appareil produit un débit liquide enrichi en azote ou en argon qui est  
15 ensuite vaporisé.

Revendications

1. Procédé de séparation d'air dans un appareil comprenant au moins deux colonnes, dont une colonne haute pression (K1) et une colonne basse pression (K2), dans lequel sous une première marche, on envoie au moins une partie (7) de l'air à la colonne haute pression, constituant notamment entre 50 et 90% de l'air, on surpresse au moins une partie (5) de l'air, constituant notamment entre 10 et 50% de l'air, dans un surpresseur, l'air surpressé est divisé en au moins deux fractions (6,9), une première fraction (6) d'air surpressé échange de la chaleur avec au moins un débit liquide (37) provenant d'une colonne de l'appareil et une deuxième fraction (9) d'air surpressé est détendue dans une turbine (D3) d'une première pression à une deuxième pression et la fraction détendue dans la turbine est envoyée au moins en partie à la colonne haute pression, le débit liquide (37) provenant d'une colonne de l'appareil se vaporise par échange de chaleur avec la première fraction pour former un premier débit gazeux enrichi en oxygène et/ou en azote et/ou en argon comme produit final

caractérisé en ce que sous une deuxième marche, la turbine (D3) est alimentée par un débit d'air à une pression plus basse que la première pression et produit de l'air à une pression plus basse que la deuxième pression et tout ou une partie de l'air détendu dans la turbine est envoyé à une ou des colonnes (K2) opérant à une pression plus basse que la colonne haute pression et/ ou à l'atmosphère.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel l'échange de chaleur entre la première fraction d'air (6) et le liquide (37) provenant d'une colonne (K2) de l'appareil est indirect.

3. Procédé selon la revendication 1 dans lequel l'échange de chaleur entre la première fraction d'air et le liquide provenant d'une colonne de l'appareil est direct, le liquide est enrichi en oxygène et l'échange de chaleur s'effectue dans une colonne de mélange.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel dans la deuxième marche la deuxième partie de l'air n'est pas envoyé à un surpresseur (C2) couplé à un moteur mais à un surpresseur (C3), lié

éventuellement à la turbine (D3), qui porte l'air à une pression inférieure à la première pression de la première marche.

5. Procédé selon une des revendications précédentes dans lequel pendant la première marche, un débit liquide (37) enrichi en oxygène est soutiré de la colonne basse pression (K2) et se vaporise par échange de chaleur, éventuellement un débit gazeux enrichi en oxygène (39) est soutiré de la colonne basse pression et se réchauffe dans une ligne d'échange (E1) où se refroidit l'air destiné à l'appareil et au moins un débit gazeux enrichi en azote (25,27) est soutiré de la colonne basse pression et se réchauffe dans la ligne d'échange et pendant la deuxième marche, le débit liquide (37) est réduit, éventuellement à néant, l'éventuel débit gazeux enrichi en oxygène augmente et le au moins un débit gazeux enrichi en azote continue à être soutiré de la colonne basse pression et se réchauffe dans la ligne d'échange.

6. Installation de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant

- i) au moins une double colonne comprenant une colonne haute pression (K1) et une colonne basse pression (K2)
- ii) une ligne d'échange (E1)
- iii) une turbine de détente (D3)
- iv) des moyens (15,17) pour envoyer de l'air détendu dans la turbine de détente à la colonne haute pression et au moins à une colonne opérant à une pression plus basse et/ou des moyens pour envoyer de l'air détendu dans la turbine de détente à la colonne haute pression et éventuellement à l'atmosphère
- v) des moyens pour soutirer un débit liquide (37) de l'appareil
- vi) des moyens (E1) pour vaporiser le débit liquide par échange de chaleur avec un débit d'air
- vii) des moyens pour envoyer de l'air d'un compresseur à un surpresseur (C2), des moyens pour envoyer de l'air du surpresseur jusqu'aux moyens pour vaporiser le débit liquide et des moyens pour envoyer de l'air du surpresseur à la turbine

caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens (5A) pour envoyer de l'air aux moyens pour vaporiser le débit liquide et à la turbine sans passer par le surpresseur.

7. Installation selon la revendication 6 dans laquelle les moyens pour vaporiser le débit liquide sont constitués par la ligne d'échange (E1) ou un échangeur dédié et des moyens (3,5,5A) pour y envoyer de l'air provenant du surpresseur et de l'air provenant du compresseur sans passer par le surpresseur.

5

8. Installation selon la revendication 6 dans laquelle les moyens pour vaporiser le débit liquide sont constitués par une colonne de mélange et des moyens pour y envoyer de l'air provenant du surpresseur et de l'air provenant du compresseur sans passer par le surpresseur.

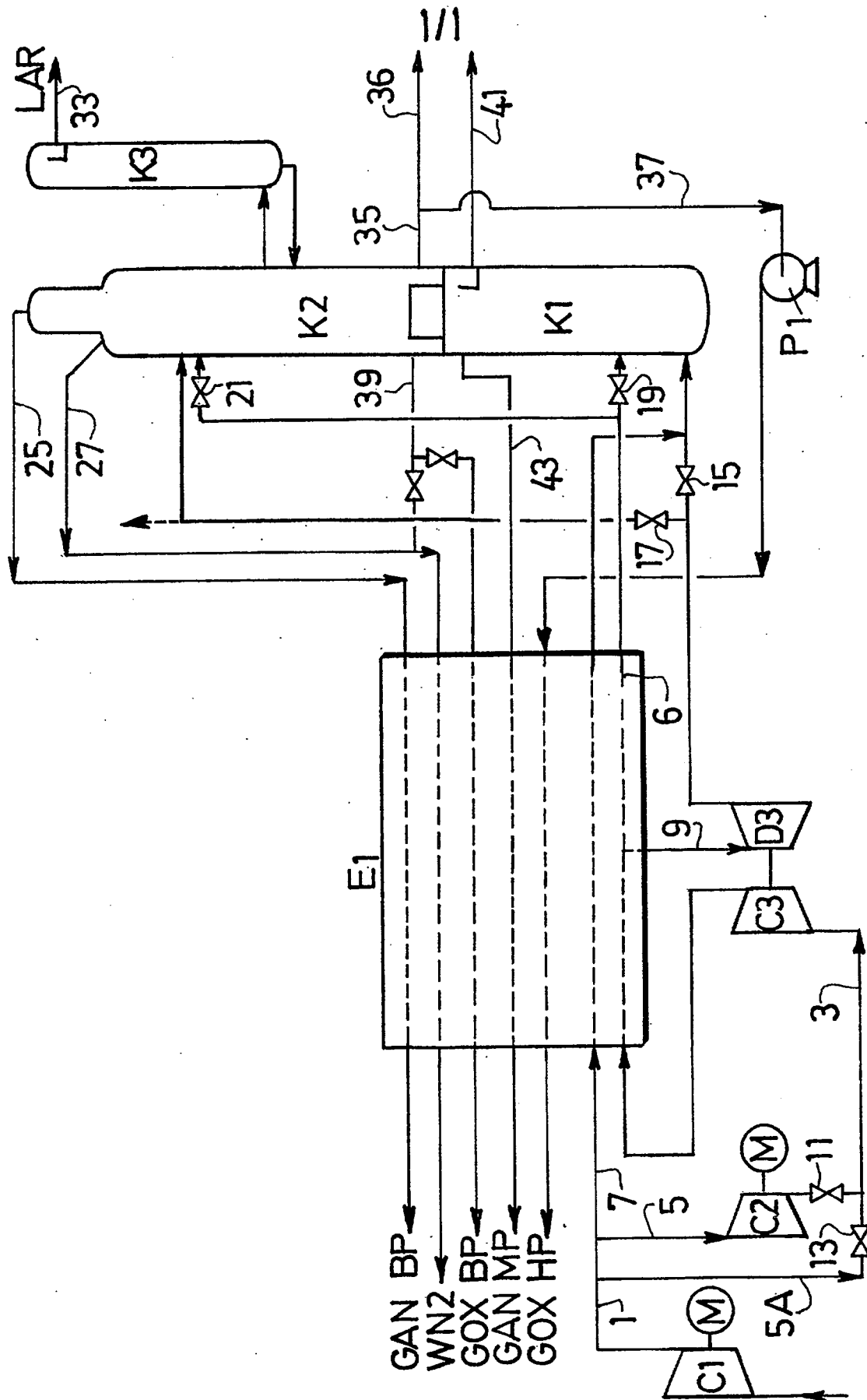
10

9. Installation selon l'une des revendications 6 à 8 comprenant des moyens (P1) pour pressuriser le débit liquide avant sa vaporisation.

15

10. Installation selon l'une des revendications 6 à 9 comprenant des moyens (5A) pour envoyer de l'air aux moyens (E1) pour vaporiser le débit liquide et à la turbine (D3) sans passer par un surpresseur ,à part éventuellement celui couplé à la turbine .

2831249





# **RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2831249

N° d'enregistrement  
national

FA 616652  
FR 0200707

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 881 570 A (DRNEVICH RAYMOND FRANCIS ET AL) 16 mars 1999 (1999-03-16) * colonne 3, ligne 29-50; figure 3 *	6,8	F25J3/00
A	* colonne 3, ligne 54-65 * * colonne 5, ligne 32-36 *	1-5	
D,A	EP 0 576 314 A (AIR LIQUIDE) 29 décembre 1993 (1993-12-29) * colonne 3, ligne 58 - colonne 4, ligne 6; figures *	1-10	
A	US 6 185 960 B1 (VOIT J UURL RGEN) 13 février 2001 (2001-02-13) * colonne 1, ligne 7-30; figures * * colonne 2, ligne 6-43 * * colonne 4, ligne 26-30 * * colonne 5, ligne 35-46 *	1-10	
			<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)</b>
			F25J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
31 octobre 2002		Lapeyrere, J	
<p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

2831249

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0200707 FA 616652**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **31-10-2002**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5881570	A	16-03-1999	BR	9901076 A	14-12-1999
			CN	1231417 A	13-10-1999
EP 0576314	A	29-12-1993	FR	2692664 A1	24-12-1993
			AU	4135793 A	06-01-1994
			CA	2098895 A1	24-12-1993
			CN	1080390 A ,B	05-01-1994
			DE	69305246 D1	14-11-1996
			DE	69305246 T2	07-05-1997
			EP	0576314 A1	29-12-1993
			JP	6058662 A	04-03-1994
			US	5400600 A	28-03-1995
			ZA	9304204 A	10-01-1994
US 6185960	B1	13-02-2001	DE	19815885 A1	14-10-1999
			EP	0949471 A1	13-10-1999
			PL	332409 A1	11-10-1999

EPO FORM P0465